

ФОРМИРОВАНИЕ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРЫ В АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЯХ, ПОДВЕРГНУТЫХ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Храмцова К.Д.

Руководитель - проф., д.т.н. Мальцева Л.А.

УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург,
mla44@mail.ru

Пластическое деформирование играет важную роль в процессе обработки деформационно-стареющих аустенитных сталей, так как оно эффективно влияет на структурообразование. Результативность термомеханического упрочнения аустенитных сталей определяется стабильностью γ -фазы и, следовательно, вероятностью образования мартенсита деформации. Нестабильность по отношению к мартенситному превращению при деформации нестабильных аустенитных сталей приводит к повышению их пластичности и технологичности, за счет протекания в них TRIP-эффекта, что позволяет использовать интенсивные пластические деформации (ИПД). Использование ИПД для метастабильных аустенитных сталей приводит к формированию в них ультрамелкозернистой структуры и, следовательно, к повышению служебных свойств конструкционных материалов. Однако для используемых в промышленности коррозионностойких сталей типа 18-8 применение ИПД не является оправданным вследствие их пониженной технологичности и пластичности. Для этих целей была разработана коррозионностойкая сталь 03X14N11K5M2ЮТ, которая, в связи с особенностью ее легирования, обладает высокой технологичностью и пластичностью как в закаленном состоянии, так и в деформированном в условиях высоких суммарных степеней обжатия вследствие протекания в ней TWIP- и TRIP-эффектов. В данной работе рассмотрено влияние различных способов ИПД на формирование структуры и комплекса механических свойств метастабильной аустенитной стали 03X14N11K5M2ЮТ². Получение ультрамелкозернистой структуры в данной стали объясняется высокой исходной пластичностью и протеканием мартенситного превращения при пластическом деформировании.

Образцы данной стали были подвергнуты равноканальному угловому прессованию (маршрут В_с), давлению со сдвигом на установке Бриджмена и волочению с высокими степенями обжатия без промежуточных смягчающих обработок. Выбор способа ИПД должен быть

² Исследование проведено при финансовой поддержке молодых ученых УрФУ в рамках реализации программы развития УрФУ

обусловлен конкретной задачей, формой и размерами конечной детали. С этой точки зрения, деформация волочением является наилучшим вариантом для получения длинномерных проволочных заготовок, предназначенных для производства микрохирургических игл или пружин для точного машиностроения. РКУП также может быть применено для данной цели, только с учетом последующей формообразующей обработки (механической, либо обработки давлением). Давление со сдвигом практической направленности не имеет, однако, поможет оценить потенциальную возможность материала деформироваться в условиях ИПД сжатием.

В процессе деформации в исследуемой стали протекают $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha$ превращение, наблюдается повышенная плотность дислокаций, формируются разноориентированные кристаллиты мартенсита деформации размером порядка 100 нм и менее. Количество образовавшегося мартенсита в каждом из методов зависело от степени истинной деформации материала, и при $\epsilon \sim 4,0$ (волочение) достигало 95-98%. Доля мартенсита, при условии равной степени деформации, в результате давления с кручением составляла меньшую величину, по сравнению с двумя другими методами, поскольку процесс сжатия препятствует протеканию мартенситного превращения, сопровождающегося увеличением объема.

Таблица 1 – Механические свойства стали после различных типов обработки

Режим обработки	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_B МПа	δ , %	Ψ , %	НV
Закалка от 1000°C	280	560	60	83	200
РКУП по режиму B _c , N=4	430	820	42	74	390
РКУП по режиму B _c , N=6	480	935	38	68	400
Волочение, $\epsilon = 2,32$	1300	1500	3	70	350
Волочение, $\epsilon = 4,0$	2200	2450	1,5	43	-
Давление со сдвигом, P = 8 ГПа, n=5	-	-	-	-	538
Давление со сдвигом, P = 8 ГПа , n=8	-	-	-	-	583

Прочностные характеристики стали (табл. 1) значительно возрастают после ИПД по сравнению с исходным закаленным состоянием. Пластичность же, напротив, падает. Увеличение степени деформации и, соответственно, доли образовавшегося мартенсита приводит к существенному приросту прочностных свойств и микротвердости материала. Как показали электронно-микроструктурные исследования, кристаллы мартенсита деформации весьма дисперсны, образуются в деформированном аустените в виде вытянутых

скоплений в полосах скольжения. Размер кристаллов мартенсита составляет порядка 20-50 нм. Таким образом, существенный вклад в прочностные характеристики материалов, полученных ИПД, вносят зернограничные и субзернограничные поверхности, а роль фазового состава, по-видимому, второстепенна.